

技术选择的逻辑：以蒸汽机崛起为例*

蔡华杰

摘要：基于“稀缺范式”阐释蒸汽机的崛起，意在表明蒸汽机的崛起克服了水力供给不足的“稀缺”困境。而安德烈亚斯·马尔姆指出，在能源转型期间，水资源所能提供的动力并不逊于蒸汽动力；他从“资本逻辑”出发，对蒸汽机时空维度的优越性展开了不同的经济史叙事，揭示了蒸汽机为资本主义生产方式有效而持续运行所需的固定、充足且可以被剥削的劳动力提供了技术支撑。我们应从生产力和生产关系的有机统一中认识蒸汽机崛起的缘由，将“稀缺范式”和“资本逻辑范式”结合起来加以说明，蒸汽机的崛起体现了资本、技术、劳动、自然的四角关系，即资本作为“指挥棒”，经由技术这一中介，实现对劳动力和自然的双重控制。当前，我们要警惕资本为了维持“历史终结者”地位，人为阻滞人类社会向可更新能源的转型，对此，技术的选择需要整个社会政治经济系统的全面支撑、转型或升级。

关键词：稀缺范式 资本逻辑 蒸汽机 生产力 生产关系

中国已经向世界作出力争 2030 年前实现“碳达峰”、2060 年前实现“碳中和”的庄严承诺，要实现“双碳”目标，从化石能源向可更新能源的能源体系结构全面转型是必经之路，而选择可更新能源相关技术的逻辑何在？我们不妨以史为鉴，以蒸汽机的崛起为例，考察经济史上已经发生的从水力到蒸汽动力的技术选择逻辑，以此进一步观照当下解绑化石能源依赖、全面向可更新能源转型的逻辑。蒸汽机的崛起是人类历史上具有划时代意义的重大变革，蒸汽机及其驱动燃料——煤炭——为什么会在与水车的竞争中被人类采纳而成为工业革命时代的主导性技术？学界存在以爱德华·里格利

[作者简介] 蔡华杰，福建师范大学马克思主义学院，邮政编码：350117，电子信箱：caihuajie@fjnu.edu.cn。

* 本文系国家社会科学基金青年项目“新自由主义对全球生态环境治理的影响及我国对策研究”（批准号：17CKS030）阶段性成果。

(Edward Wrigley)、罗伯特·艾伦 (Robert Allen) 和加州学派为代表的“稀缺范式”与以安德烈亚斯·马尔姆 (Andreas Malm)^① 为代表的“资本逻辑范式”间的经济史之争，我们就由此说开去。

一、蒸汽机的崛起：基于“稀缺范式”的阐释

基于“稀缺范式”阐释蒸汽机的崛起，还得从古典自由主义经济学家对“稀缺”问题的体认谈起。古典自由主义经济学家亚当·斯密 (Adam Smith)、大卫·李嘉图 (David Ricardo) 和托马斯·罗伯特·马尔萨斯 (Thomas Robert Malthus) 等人在研究社会经济运行规律的过程中，基于土地的“稀缺性”，揭示了土地报酬递减规律，对人均实际收入的增长带有悲观预期，从而对经济增长所遭遇的自然资源极限表现出了深深的忧虑。

古典自由主义经济学基于土地的稀缺性而指认经济增长的极限，这一观点逐渐被应用到环境和经济议题的研究中，把土地拓展为经济运行中所涉及的自然资源，土地的稀缺性对经济增长的限制就转换成自然资源的稀缺性对经济增长的限制，而这其中所蕴含的言外之意是，倘若经济要实现持续不断的生长，人类就要找到可以替代原有稀缺的且不断耗尽的自然资源。从自然资源的稀缺性出发展开研究俨然成了环境和经济议题的一种研究范式，根据斯密、李嘉图和马尔萨斯有关增长极限的论述在他们各自思想中的权重，马尔姆将这种范式概括为环境议题上的“李嘉图 - 马尔萨斯范式” (Malm, 2016: 24)，我们可以将之简称为“稀缺范式”。

如果依据古典自由主义的“稀缺范式”，那么蒸汽机的崛起则源于人类为了克服自然资源利用过程中出现的“稀缺问题”。所谓“稀缺”，指的是相对于人类社会追求经济无限增长的要求，维持经济增长所需的能源出现了供给不足。蒸汽机及其驱动燃料——煤炭——就是因为克服了这种供给不足才被人类社会视为重要的技术创新和自然资源，从而实现了自身的历史性出场。煤炭替代其他自然资源而成为工业革命时代的首选自然资源，这种“替代”或能源转型也成为工业革命之“革命”所在。英国工业革命史学者里格利、

^① 安德烈亚斯·马尔姆 (亦有译为安德烈亚斯·马尔默)，瑞典隆德大学教授，于2016年获得“多伊彻纪念奖” (Deutscher Memorial Prize)。

艾伦和经济史学界的“加州学派”就是从“稀缺范式”出发，解释蒸汽机的崛起的。

里格利充分肯定了古典经济学家关于经济增长极限的讨论，并将之运用于工业革命时代自然资源变革的讨论中。他认为，工业革命时代实际上是一个从高级有机经济（advanced organic economy）阶段向矿物能源经济阶段转变的时代。里格利将前工业革命时代的经济称为高级有机经济，这种经济的特征是“完全依赖或者说是几乎完全依赖两种能力，一种是以日晒形式到达地球的一部分能量流的获取能力，另一种是在维持获取能量过程中所消耗的能量和由此获得的新能量间良好平衡的能力”（里格利，2013：54）。在里格利看来，所有类型的物质生产都涉及能源的支出，在高级有机经济中，不管是机械能还是热能，植物的光合作用都是当时最重要的能量来源，正是这一特征对前工业革命的物质生产构成了最终限制。每年来自太阳的能源总量是巨大的，远远超过了今天全世界能源总量的支出，但是，在高级有机经济中，人类主要通过植物的光合作用获取这种丰裕的能量，然而，光合作用是一种效率低下的过程。据估计，只有0.1%—0.4%的太阳能到达地面。英国每年接收到的太阳能等于230亿吨煤炭所包含的能量，因此，光合作用所能获得的能量只有2000万—8000万吨煤炭产生的能量。里格利就此指出，任何国家的物质产出可以通过国际贸易在一定程度上得到缓解，但是，高级有机经济所存在的基本问题依旧存在。正如李嘉图所指出的，增长的限制由物理的和生物的因素所构成，而这些因素是人类能力所无法改变的。只要机械能和热能的供给是以日照量和日照效率为条件的，期待人类物质条件的快速改进就是愚蠢的（Wrigley，2010：13—17）。

从里格利的论述看，其无非是指出了高级有机经济的植物光合作用所能提供的能量存在着供给不足的“稀缺性”，从而限制了生产增长。那么，工业革命期间的英国是如何克服这种限制的呢？是蒸汽机和煤炭的使用让英国摆脱了能源稀缺的“魔咒”，“当矿物能源——煤炭，开始提供越来越多的行业所需的热能时，以及随后蒸汽机这种将热能转化为机械能的有效设备的出现，为确保实质上获得无穷无尽的机械能提供了解决办法，因此，无论是总产量还是人均产量的增长前景都将完全不同于以前我们一直所获得的水平”（里格利，2013：6）。里格利主要是通过论述农业和制造业中劳动生产率的提高来证明蒸汽机和煤炭的利用克服了能源获取的“稀缺性”问题。例如，在谈到

农业劳动生产率时，他指出，将蒸汽发动机运用到脱粒作业中，就是将农场外的机械能源用于农场耕作，这种机械能源的采用，使得农场的马匹被拖拉机和卡车所替代，也使得原先用来种植牲畜饲料的土地现在可以用来生产粮食。据估计，10万英亩土地上种植的树木只能满足1万吨铁需要的燃料，因此，把土地从生产能源的用途中解放出来会收获巨大的红利。到1820年，煤炭的巨大消耗量等同于再增加1500万英亩的土地。农业劳动生产率也由此获得了巨大提升，1/50的劳动力支出就能满足人们对粮食的需求，而如果是在高级有机经济时代，这个比例通常是4/5。同样地，在制造业方面，里格利以蒸汽锤为例，指出其由于产生于无生命的能量来源，因此能够很好地辅助人力和畜力进行生产，是保障和提高人均产出水平的重要工具。最终，他得出结论，实现生产增长的两个必要条件：“一是人均产量的快速增加，这主要得益于能从新能源中获得比以前更多的热能和机械能；二是在土地供应不变的情况下，当产量增加时不会引起依赖有机原材料相关的问题。”（里格利，2013：85）

艾伦也赞同里格利所归纳出的这种“经典范式”（艾伦，2012：122），他围绕着煤炭的产量和价格问题进一步探究了英国工业革命得以顺利推进的问题。在艾伦看来，有效地开发利用煤炭资源是英国走向成功的诸多要素之一，16世纪中叶以后，英国煤炭产量迅速增长，从1560年的22.7万吨增长到1800年的1504.5万吨，增长了65.3倍，此时，就全世界煤炭产量而言，英国所占的比例已高于其他国家的总和。产量的增加导致英国的能源价格极为便宜，到1800年，即使是煤炭价格最高的伦敦也仅为3.84克白银（以含1M BTU热能作为计价标准），这远远低于欧洲其他地区和亚洲许多国家的煤炭价格（艾伦，2012：121—159）。在煤炭价格大幅下降的同时，是纽科门式蒸汽机到麦克诺特式蒸汽机的不断发展，其性能不断改良的积极影响是耗煤量的大幅减少，这导致蒸汽机应用范围的扩展。最终，在煤炭价格和蒸汽机耗煤量双重下降的情况下，煤炭也就顺理成章地取代木材成为主要的燃料。

将“稀缺范式”应用到解释蒸汽机崛起的，还有经济史学界的“加州学派”，其代表人物彭慕兰（Kenneth Pomeranz）在他的著作《大分流：欧洲、中国及现代世界经济的发展》中试图解决工业革命为什么发生在西欧的问题。在他看来，工业革命之前的英国，同东亚国家一样，也面临着经济增长

遭遇自然资源供给不足，即能源的“稀缺性”问题。为何英国后来克服了这一问题？彭慕兰认为，“仅仅是在18世纪后期特别是19世纪，意料之外的重要的断裂使它能够突破以前限制了所有人视野的能源利用和可用资源的根本制约时，它才成为一种幸运的反常”（彭慕兰，2010：254）。也就是说，使英国从世界其他国家中“分流”出来走上工业革命富强之路的原因，是英国找到了摆脱能源稀缺的道路，这就是对煤炭的广泛利用。一方面，彭慕兰比较了水和煤炭的性能，指出作为动力的水在能源供给方面的劣势；另一方面，他还比较了英格兰和中国长江三角洲在煤炭利用上的优劣，即英格兰在煤炭利用上具有更明显的地理环境优势，而中国的生产中心却远离煤的产地。中国较富裕、对燃料需求量大的20个东南省份，煤的蕴藏量仅占当代中国煤蕴藏量的9.8%；而那些对燃料需求不大的省份，如山西和内蒙古的煤蕴藏量占比却高达61.4%；华南许多地区和位于华北的北京，对燃料的需求也很大，但这些地方的煤矿规模却很小。相反，欧洲一些大煤矿位于英国，这使它们得以靠近优良的水运，靠近欧洲最具商业活力的经济中心，靠近其他区域许多熟练的手工业者以及面临木材短缺的社会（彭慕兰，2010：51—82）。

二、马尔姆的质疑：基于蒸汽动力与水力的比较分析

对于“稀缺范式”，马尔姆认为，这种范式不适用我们谈论的转型问题。从光合作用中获取的原动力——人与动物的身体——从来没能为大规模的工业提供机械能。在18世纪的英国工厂里，它们经过“验证”已经被视为无用的东西而被迅速抛弃。光合作用的产物以及木材都能够提供热能或用于人类的取暖，但是不能用于为机器提供原动力，因此，蒸汽机及其驱动燃料煤炭并不是在提供热能意义上的一种“替代”，而是对作为原动力的，且在工业革命前夕被广泛使用的水能的“替代”。因此，需要重点考察的是作为“原动力”的煤炭及其所驱动的蒸汽机在多大程度上优越于水能。

马尔姆的指认是正确的。英国有久远的利用煤炭的历史，在1750年，虽然工业生产所用的煤炭占整个英国煤炭使用量的30%，但这个时候，煤炭只是用于取暖而不是一种动力，直到20世纪后半叶，英国城市家庭中烧煤的火炉和烧焦炭的热水器仍然是家庭的主要热量来源。显然，我们在讲到工业革

命时代的煤炭时，并不是在此意义上的煤炭。弗里德里希·恩格斯（Friedrich Engels）在比较工业革命前后煤的使用上时，也指认工业革命前，“煤则仅供家用”（马克思、恩格斯，2009a：97）。

当然，里格利并不是没有比较煤炭和水能，他在谈到有机经济条件下工农业生产所需的机械动力来源时也曾做出比较：“除畜力外，机械动力的其他来源，主要是风车和水轮，虽然不会面临同样的问题，但是也不能改善能量整体供应情况。风能具有间歇性，容易在其他方面不便利的地点上开发。水能也由于水变化和封冻期呈现季节性变化，并且边际成本递增，因此人们首先会在较好的地方进行开发，然后开发那些剩下较少的或位置不便的地方。撇开这些弊端，尽管他们在某些方面发挥了很大的应用价值，但是无论是水能还是风能都不能形成足够的规模，因此我们不能借此实现提高人均产出和生活水平的愿望。”（里格利，2013：78—79）尽管如此，从中我们仍可看出，里格利的比较仍是从风能和水能的生物特性出发所进行的比较，并且由此得出煤炭对风能和水能的替代是对“稀缺”的克服，从而保证经济增长的持续性。对此，马尔姆还是作出了如下假设来挑战主流观点，他认为，如果水能并不呈现“稀缺”状态，其相对价格也没有呈现上升趋势，但工业革命的转型依旧发生了，那么，“稀缺范式”就“岌岌可危”了。

为了挑战“稀缺范式”，揭开蒸汽机崛起之谜，马尔姆考察了工业革命时期水力和蒸汽动力的优劣。依据“稀缺范式”，应该是水力存在着能源供给的“稀缺”这样一种缺陷，才致使人类社会对原动力的选择“瞄准”了蒸汽机和煤炭。马尔姆并不否认英国河流的水力资源潜在功率在20世纪已经不能满足工业对动力资源的需求，但是，这与我们谈论的转型还是没有关系，因为原动力的转型并不是在20世纪发生的，对两种原动力在20世纪的优劣进行比较对于理解转型并没有多大的意义，关键是要在两种原动力最初进行转型的时代进行比较，这样才能洞悉其中的“奥妙”。马尔姆认为，转型的关键时刻发生在1825—1850年，而这一时期正是资本主义的结构危机时期，并与棉布生产的自动化相一致。恩格斯对英国的考察验证了马尔姆的结论：在《英国状况。十八世纪》中，恩格斯就指出，1834年的不列颠帝国有1300家棉纺织工厂，“棉花加工机器所使用的动力为：蒸汽力——33000马力，水力——11000马力”（马克思、恩格斯，2009a：99）。在后来的《英国工人阶级状况》中，恩格斯认为，“现在这些数字都已经远远地被超过了；可以大胆的设想，在

1845年,机器的动力……都将比1834年增加二分之一”(马克思、恩格斯,2009a:394)。

那接下来要考证的就是在这一时期,到底是不是因为水资源动力的“稀缺”而导致蒸汽动力的崛起。对此,马尔姆引证了罗伯特·戈登(Robert Gordon)的研究成果来加以说明。“稀缺范式”让我们深信英国的制造商面临水资源的短缺,他们别无选择,只好转向蒸汽机。这样一种假设首次遭到戈登的质疑,他在1983年的文章中写道,在蒸汽机广泛使用之前,如果工业区的几乎所有水力都已被充分挖掘出来,那么这就证明了能源危机的存在,但是,如果在这个时期还有未使用的水力资源,那么,诉诸社会因素支撑假设就成为必要的了(Gordon,1983)。更准确地说,后者将会从整体上“证伪”“稀缺范式”,对蒸汽机的崛起需要一种完全不同的解释,一种社会意义上的解释。

戈登(Gordon,1983)非常细致地再现了工业区的气象和地质条件,排除了那些不适宜建设磨坊的地址,考察了英国制造区的11条河流。为了评估1838年(而不是18世纪七八十年代棉纺织业大量利用水力的上升时期)这11条河流总的潜在功率,他计算了排水区、下降梯度和水量,得出了如下结果(见表1)。

表1 英格兰水力潜在功率

| 河流名称 | 总的潜在功率(兆瓦) | 1838年已使用比例(%) |
|----------------|------------|---------------|
| 德文特河(Derwent) | 44 | 1.7 |
| 达夫河(Dove) | 30 | 0.8 |
| 艾威尔河(Irwell) | 4 | 3.4 |
| 里布尔河(Ribble) | 52 | 3.0 |
| 斯波登河(Spodden) | 6 | 7.2 |
| 默西河(Mersey) | 56 | 6.5 |
| 艾尔河(Aire) | 38 | 4.1 |
| 特朗河(Trent) | 111 | 1.4 |
| 塔姆河(Tame) | 15 | 1.0 |
| 埃里沃什河(Erewash) | 2 | 1.9 |
| 利恩河(Leen) | 1 | 3.4 |

资料来源:作者根据Gordon(1983)整理。

戈登指出，这种评估是一种保守设想。为了计算总的潜在功率，他假设水车能效的发挥是40%，但是，最高质量的水车数量在19世纪30年代可以翻倍。即使如此，在水车数量最多的1838年，水力潜力的发挥也只在5%上下波动。如果假设在低成本条件下只有15%的潜力可开发利用，这仍然留有大量的水力可开发利用，毫无疑问的结论是：并没有能源危机的发生。戈登进一步指出，从更一般的意义上看，通过工业区持续不断的扩张可以获得更多的水力，而不用付出高初始成本或者过多的可变因素、交通方面的成本，因此所谓低成本下水力的物理特性并不构成对工业发展的限制（Gordon, 1983）。此外，马尔姆还引述了约翰·肖（John Shaw）在《苏格兰的水力：1550—1870》一书中的结论：苏格兰潜在的水力从来没有得到完全实现（Shaw, 1984）。

如果水资源稀缺，那么它的价格就会高昂，并不断攀升。对此，马尔姆同样不认同。他指出，或许水车需要大量的投资，比如，有许多固定成本——轮子本身、地基、舵手室、贮存和管制水流的大坝。磨坊工厂主要建造一套沟渠系统将水引流到轮子上。但是使用蒸汽动力也需要许多投资，比如，蒸汽引擎，包括铁、黄铜、铜、飞轮、锅炉和管道，以及在特殊的发动机房内稳固地安装需要的娴熟劳动力。而且，因为有故障就要进行全面修理，蒸汽机具有很高的折旧率，而水车只要进行小修补，就可以用上好几十年，甚至一个世纪。此外，水是免费的，一旦资本家从土地所有者那里获得一份租约，为水流支付地租，就没有更多的燃料费用。而煤炭必须不断地从市场上购买回来。因此，对比之后的结论就是：在19世纪初，水车比蒸汽机车更加便宜。棉布史学家斯坦利·查普曼（Stanley Chapman）指出，难以抵制这样的结论——蒸汽机比最昂贵的水力装置来得更加昂贵（Chapman, 1971）。

为了说明使用水力资源比蒸汽机来得更加便宜，马尔姆考察了当时的三个案例：柯克曼·芬利（Kirkman Finlay）所使用的“卡特琳雄狮”水车（the Lions of Catrine）和“丁斯顿大力士”水车（the Hercules of Deanston）、塞缪尔·格雷格（Samuel Greg）创办的夸里·班克工厂（Quarry Bank）、亨利·阿什沃思（Henry Ashworth）和埃德蒙·阿什沃思（Edmund Ashworth）两兄弟在伊格利溪（Eagley）旁边创办的两座工厂。上述工厂主在蒸汽机和水力资源的选择过程中，都毅然选择了水力作为工厂的原动力，其中重要的原因就是使用水力资源可以节省购买煤炭的费用。19世纪30年代末40年代初，工厂

主已经可以从丁斯顿附近的煤矿中以每吨6先令2便士的价格获取煤炭，这样的价格与爱丁堡的差不多，比伯明翰的低。但即便如此，芬利也没有使用蒸汽动力。1844年，他通过与格拉斯哥（Glasgow）的蒸汽动力工厂做比较，指出由于以蒸汽机为动力，格拉斯哥的工厂每年需要额外支付煤炭的损耗、运输等费用，而使用“卡特琳雄狮”每年可以节省700英镑的费用。格雷格在不同时间段也比较了水力和蒸汽动力。在1828年，使用蒸汽动力需要额外耗费12英镑/马力；到了1849年，蒸汽动力要发挥100马力的功率需要每年额外耗费274英镑；而到了1856年，要产生同水力一样的172马力功率，蒸汽动力每年需要额外耗费1196吨煤炭，而这又要额外支付500多英镑的费用。而亨利·阿什沃思更是直想说“嫁给”水资源，他曾告诉一位访客，他的埃杰顿工厂（Egerton）每周可以省去煤炭的费用是20英镑，因此，他在1843年获得了560英镑的收益（Malm, 2016: 83—92）。

马尔姆的上述论述无非是想表明，并不是所谓的水力资源的“稀缺”导致转型，因此，用“稀缺范式”解释工业革命时期蒸汽机的崛起是说不通的。由此，疑云初现，如何解释？

三、蒸汽机的崛起：基于“资本逻辑范式”的阐释

与“稀缺范式”不同，马尔姆对蒸汽机契合资本主义生产方式的历史进行了考察，我们可以将他的这种历史考察视为“资本逻辑范式”下的考察。我们都知道，资本主义生产方式的有效运行，需将原先已经分离的生产资料和劳动力重新结合起来，因此，资本家必须获取生产资料和劳动力，这是一个基本的前提。水资源和煤炭都属于生产资料，如前所述，既然不是获取水资源的困境导致一个社会转向以煤炭为基础的蒸汽动力，那么，就是获取劳动力的困境使然。对此，马尔姆从空间和时间的维度展开了蒸汽机的经济史叙事，以此说明蒸汽机的使用克服了“资本逻辑”得以展开的劳动力获取困境难题。

从空间维度看，蒸汽机的优势在于它能使资本家将工厂建造在有大量可获剥削的劳动力场所。马尔姆谈及了约翰·麦卡洛克（John McCulloch）1833年刊登在《爱丁堡评论》上的文章观点：人们常常误解蒸汽机的优势，它并不是节约了劳动力，而是使工厂能够在恰当的地点得以兴建。水力工厂的运

行费用，同蒸汽工厂一样廉价，有时甚至更加便宜。但是，蒸汽机的发明使我们摆脱了需要类似瀑布这样的不适宜场所，工厂可以兴建在有大量勤劳工作习惯的人口的中心地区。他还指出，水是一种更廉价的机器，但是，我们不能总获得持续不断的水流。蒸汽机可以用在任何地方，用在那些人口密集的地方，但不仅仅是人口密集，而且这些人口必须是“勤劳的”，换句话说，必须是服从工厂主命令的人口。因此，蒸汽机的优势不仅仅在于可以克服获取能源的障碍，而且可以克服获取劳动力的障碍。其优越性就体现在它是一种从工人阶级那里榨取剩余财富的中介，不像水车，它可以建造在任何地方。马尔姆因此指出：蒸汽机是一张通往城镇的车票，在那里，有大量的劳动力候着；蒸汽机并没有开启获取急需能源的大门，而是开启了获取可被资本家剥削的劳动力的大门，不是河流，而是煤炭解除了资本家在空间上所受的束缚，这一优势足以超过水资源的丰裕性、廉价性和技术优越性（Malm, 2013）。

尽管有获取劳动力的问题，但是，在马尔姆看来，这并不是由水资源本身的自然特征所决定的，自然规律并不决定水流丰富地区就必然呈现低密度人口的状态，也不决定人们不愿进入工厂或者逃离工厂，只是这些问题受河流的自然特征影响而得到增强。反之，劳动力获取的难题是由社会因素决定的，在18世纪末19世纪初，工厂的平均利润率还是很高的，但是，到19世纪30年代，所有这一切都改变了。引发变化的是英国在立法方面的两个事件：一个是英国废除了《反结社法》，另一个是英国通过了关于工作日时长的法案。

1824年，英国废除了《反结社法》，于是出现了大量工人罢工。19世纪30年代，工人的暴动冲击到水力工厂：在阿什沃思兄弟的水力工厂，工人堵塞工厂大门，向仍在工作的工人丢石头；斯坦利（Stanley）水力工厂变成了苏格兰纺织工人工会的堡垒。水力工厂主对工会，特别是对自己的工人给予了回击。阿什沃思兄弟将废除《反结社法》视为对工人的一种纵容行为，于是他们在1830年解雇了罢工的领袖，但是，此时又出现了劳动力供给不足的问题，阿什沃思兄弟又要去发布招募广告，付出额外的成本替换罢工领袖，由此所产生的代价就是利润的减少。由此可见，随着19世纪30年代罢工浪潮的来袭，能够立即获取劳动力储备军的优势成为那些生存下来的工厂的必要条件，而使用蒸汽机的工厂恰好具备了这样的优势。原先使用水力资源的格

雷格斯 (Gregs) 工厂, 最初也存在着类似的担忧。所幸的是, 1826 年, 格雷格斯工厂在兰开夏 (Lancashire) 和贝里 (Bury) 获得了两个蒸汽动力工厂, 其将大部分资金重新投在了这两座工厂, 因为这两座工厂拥有一个决定性优势——可以轻易获取当地的劳动力。19 世纪 30 年代, 格雷格斯工厂通过蒸汽动力继续扩张, 而仍然以水力资源为基础的阿什沃思兄弟的工厂, 在高支数纺纱方面则丧失了领导地位。在 19 世纪 30 年代的罢工和经济危机期间, 棉纺织业的资本家为了捍卫他们的地位, 反对工人罢工, 而进一步增强了机械化生产, 引入了走锭精纺机和动力织布机, 随着生产自动化的增强, 劳动力就要服从机器。

马尔姆总结道: 到 19 世纪 30 年代, 就自然的、技术的或者严格的经济意义而言, 所发生的并不是水力潜在功率的耗竭; 相反, 资本主义的发展已经到了这样一个节点, 蒸汽机的最大优势——在空间上的可移动性——已经超过了其他的考虑。他进一步指出, 工会的斗争、1825 年后的经济危机和棉纺织业生产的自动化增加了对具有可替代性、可随意抛弃、适应机器的工人的需求, 尽管这样一种转向城市蒸汽机的动力已经在十八世纪和十九世纪之交呈现, 但是, 水力工厂的离心动力和有适合的劳动力储备军的地理集中性的矛盾在废除了《反结社法》和 1825 年的经济危机以后才变得严重起来 (Malm, 2013)。

从时间维度看, 与之相关的是工业革命期间的另一个事件——英国通过了关于工作日时长的有关法案。水在时间维度上的弱势就在于, 水流的大小是随季节的变化而变化的。水会因结冰而减少或断流, 也会因洪水而泛滥成灾。1833 年, 格雷格描述了自己创办的夸里·班克工厂的水力特征: 水的功率为 90 马力; 河流不规则, 偶尔会因洪水而断流 1 天或 1 天半; 在干旱季节, 有几周, 只能完成 3/4 的工作; 在正常季节, 有两到三周每天要断流几个小时。在约克郡 (Yorkshire) 西区的宾利 (Bingley) 附近的棉纺织厂, 簿记员爱德华·伯基特 (Edward Birkett) 告诉来工厂询价的议员, 水车在正常情况下的工作时长可以是 13 个小时, 但是, 在干旱的夏季月份里, 工作 6 小时后就要停工了。

从水的自然属性看, 水流的规律服从于季节的“阴晴不定”, 但是, 马尔姆指出, 这一弱势对生产的影响却是社会因素引起的 (Malm, 2013)。也就是说, 水力时间维度上的弱势并不必然对生产产生不利影响。只要工厂仅是为

当地市场提供商品，一天的水量太多或者太少当然是不便的，但也不是很严重的问题，人们在水流供应不便的时间可以去做其他工作。但是，到19世纪，马尔姆所说的“社会因素”却放大了水力工厂在生产竞争中的这些缺陷，这一“社会因素”指的是生产不再是为当地市场而生产，而是为全球市场而生产，生产规模的扩张要求工作日时长的稳定性，而英国所通过的限制工作日时长的法案——《十小时工作日法》^①和《工厂法》，更是迫使工厂主纷纷放弃水车而转向使用蒸汽机。

19世纪初的棉纺织厂的生产目标不再限于当地市场，而是全球市场，产量最大化进而利润最大化是工厂追求的目标，因此，工厂所需的是最长的工作日。如果标准的生产时间是6小时或8小时，使用水力是完全足够的，但是，在19世纪30年代初，这个标准至少是12小时。起初，水力工厂是通过延长工作日来解决这一难题的，如果水不够，工人就被遣送回家，等有水了再通过延长工作日来补偿之前错过的时间。

但是，英国分别于1833年和1847年通过了《工厂法》和《十小时工作日法》，这两部法案逐渐“绞杀”了水力。《工厂法》规定棉纺织工厂不得雇佣低于9岁的童工，儿童工作时长不得超过8小时，年轻人工作时长不得超过12小时。经过广泛的协商，查德威克（Chadwick）委员会认为水力工厂可以例外，童工和年轻人每天可以多工作半小时以补偿水流断水的时间。但半小时显然是不够的，在约克郡的伯利（Burley），一水力工厂主指出，《十小时工作日法》对棉布贸易造成极大伤害，立法是鼓励健康和道德的，但这个法案会破坏这个国家农村地区许多水力工厂，并且将交易转移到人口密集的大城镇。在那里，有不受水流影响的蒸汽机。尽管使用蒸汽动力的工厂主也反对限制工作日的法案，但是他们能够适应更短的工作日。应对工作日减少的重要战略就是在限定的工作日时间内生产得更多。工厂必须通过安装更具生产效率的机器，在更少的时间里生产出更多产品，必须加快机器的运行速度，或者增加工人工作的强度。由此一来，采用蒸汽机成为资本家应对工作日时长减少的内在解决办法（Malm, 2013）。

① 《十小时工作日法》是英国议会在1847年6月8日通过的，作为法律于1848年5月1日起生效。该法律将妇女和儿童的日劳动时间限制为10小时（马克思、恩格斯，2009a: 799）。

经过上述分析，马尔姆指出，棉纺资本家转向使用蒸汽机的主要原因是它能实现对劳动力的控制，因此，蒸汽机就是一种阶级事业（class project）。相对于水力，蒸汽机的吸引力在于能将其应用到工人阶级的工业中生产剩余财富，在资产阶级的视野下，我们可以将蒸汽机的能力称为“无力的力量”（powerless power）。“无力”指的是，蒸汽机服从于它的主人；“力量”指的是，蒸汽机的力量在于资本家能够对其使用绝对的强力，同时机器能够产生资本所需的所有动力。从此以后，在蒸汽机这种“无力”的巨大力量推动下，英国资本开启了其阶级权力的“理想春天”（Malm, 2013）。

四、简要的评析

技术的发明与技术的选择是两个完全不同的事情，其生发逻辑也存在很大的差异，二者在时间序列上并不是同步进行的，一项技术可以出于个人的“好奇心”而得以发明，但这样一项技术从发明到被人类社会所选择而广泛使用，往往经历了漫长的过程，不仅需要技术本身的不断改进，而且还受到一个社会经济、政治等多种因素的影响，与社会形态的变迁、生产方式的转型密切相关。本文所探讨的蒸汽机的崛起就是学界关注的经典案例，其既体现了蒸汽机发明及其技术发展的历史，也集中反映了一个时代经济政治的特征。综上，人类社会对蒸汽机的选择逻辑可以从两个范式出发加以阐释：一是从“稀缺范式”出发，指明蒸汽机与水力技术相比，在自身技术的演变进程中逐渐取得生产效率上的“完胜”地位，从而克服人类在追求经济增长时所面临的自然资源“稀缺”困境；二是从“资本逻辑范式”出发，指明蒸汽机与水力技术相比，在从时间与空间维度维持资本积累方面又取得“完胜”地位，从而克服获取并剥削劳动力的难题。

如果从生产力和生产关系的维度看，前一种范式就是从生产力的维度出发进行阐释，后一种范式就是从生产关系的维度出发进行阐释，马尔姆从后一种范式出发，意在否定前一种范式的合理性，对此，他也将矛头指向了卡尔·马克思（Karl Marx）有关蒸汽机的相关论述。马尔姆认为，马克思没有解释蒸汽机的崛起问题，并且带有技术决定论或经济决定论的倾向。马克思在《哲学的贫困》中曾指出：“随着新生产力的获得，人们改变自己的生产方式，随着生产方式即谋生的方式的改变，人们也就会改变自

己的一切社会关系。手推磨产生的是封建主的社会，蒸汽磨产生的是工业资本家的社会。”（马克思、恩格斯，2009a：602）在此，马克思的逻辑是：作为技术的蒸汽机推动了资本主义社会的诞生。用图示可以表示为：蒸汽机→资本主义。因此，马克思这里解释的是资本主义是如何产生的问题，而不是解释蒸汽机是怎么产生的问题，其中还貌似存在技术决定论或经济决定论的倾向。

的确，马克思、恩格斯都看到了蒸汽机的采用所引发的社会变革，特别是在与先前技术的比较中，它所带来的生产效率的进步，正如恩格斯所说，“自从使用蒸汽机和金属滚筒印花以来，一个工人做着200人的工作”。（马克思、恩格斯，2009a：101）由此，从生产力的维度可知，蒸汽机崛起的缘由是其在生产效率上的优越性，体现的是蒸汽机的发明及其技术改良的历史。蒸汽机的出现及其对于水力动力的替代是一个长期变迁的过程，而不是一下子完成的，在这一过程中，蒸汽机技术的变革是一个重要的因素。从公元1世纪希罗（Hero of Alexandria）制造以蒸汽驱动的草地洒水装置，到1712年托马斯·纽科门（Thomas Newcomen）架设第一台用于工业的蒸汽机，再到詹姆斯·瓦特（James Watt）对蒸汽机的改良，直到后来阿瑟·伍尔夫（Arthur Woolf）发明双气缸、表面冷凝等方法，每一次的进展都使得蒸汽机本身不断完善。正是由于蒸汽机技术本身的不断完善，英国棉纺织工厂才逐渐从原来使用水力资源全面转向使用蒸汽机，“到19世纪30年代中期至60年代后期，蒸汽机的装机容量才出现了爆炸性的增长，成为诸多工业部门深为倚重的动力源”（艾伦，2012：276）。

然而，如果将马克思、恩格斯对蒸汽机崛起缘由的论述仅归结为生产力维度上的技术决定论或经济决定论，也是不符合他们的原意的。因为将历史唯物主义理解为经济决定论早就遭到恩格斯的批评，在1890年9月21日致约瑟夫·布洛赫（Joseph Bloch）的信中，恩格斯就指出：“根据唯物史观，历史过程中的决定性因素归根到底是现实生活的生产和再生产。无论马克思或我都从来没有肯定过比这更多的东西。如果有人在这里加以歪曲，说经济因素是唯一决定性的因素，那么他就是把这个命题变成毫无内容的、抽象的、荒诞无稽的空话。”（马克思、恩格斯，2009d：591）仅从生产力的维度来理解机器的本质，也遭到马克思的批评。有的数学家和力学家认为，工具是简单的机器，机器是复杂的工具；而有的经济学家认为，工具和机器的动力不同

就是二者之间的区别。马克思对这两种观点都不认同,因为这样的说明“没有历史的要素”(马克思、恩格斯,2009b:428),也就是说,他们脱离了一定社会的历史形态来考察机器的本质,把机器看成是同人与人之间的经济关系没有联系的物件。

因此,在历史演进中,除了生产力的决定作用之外,同样要看到生产关系的反作用。在马克思那里,技术就其本身而言是一种生产力,但这种技术要真正推动生产力的发展,还将受生产关系的制约。在不同生产关系下,其所展现的效应也是不同的,人类社会对蒸汽机的选择同时反映了这个社会向资本主义制度的转型和重大变迁,体现的是资本主义制度下人类社会对技术的选择。“18世纪,数学、力学、化学领域的进步和发现,无论在英国、法国、瑞典、德国,几乎都达到了相同的程度。发明也是如此,例如在法国就是这样。然而,在当时它们的资本主义应用却只发生在英国,因为只有在那里,经济关系才发展到使资本有可能利用科学进步的程度。”(马克思、恩格斯,2009c:367)针对蒸汽机的崛起,恩格斯曾经提到:“虽然珍妮纺纱机降低了纱线的生产费用,并且由于扩大了市场而给予工业以第一推动,但是,它几乎没有触及工业生产的社会方面,即生产的性质。只是在阿克莱和克隆普顿的机器以及瓦特的蒸汽机建立了工厂制度以后,运动才开展起来。最初出现的是使用马力或水力的比较小的工厂,但它们很快就被使用水力或蒸汽力的比较大的工厂排挤了。”(马克思、恩格斯,2009a:98—99)从中,我们可看出,蒸汽机只有经历“工厂制度”这一中介,才能使“运动”开展起来,换句话说,蒸汽机本身在生产力方面的优势只有与一定的社会制度相结合时,才能真正发挥作用。

马克思在《资本论》中论述了“工厂制度”的形成发展过程,这是一个逐步确立起蒸汽机等机器的主体地位,工人反而处于被支配地位的过程,是工人逐渐由形式从属于资本沦为实际从属于资本的过程,是一个资本家逐渐加深对工人剥削的过程。在资本主义条件下,生产的目的是榨取尽可能多的剩余价值,某种机器成为资本家的选择正是因为它成为了生产、榨取剩余价值的重要手段。在简单协作和工场手工业的生产组织形式下,工人在劳动分工中所产生的社会生产力却表现为资本天然具有的生产力,工人变成局部工人,逐渐丧失掌握整个生产的能力,但工人对资本的从属还只是形式上的从属,资本对工人的剥削还遇到多方面的障碍,因为建立在手工劳动的技术基

础上的生产过程，还需要大批熟练工人，较难的局部劳动还需要工人较长的学习时间，资本还未完全建立起对工人的绝对支配，“在整个工场手工业时期，都可听到关于工人缺乏纪律的怨言。……资本始终没有能够占有工场手工业工人全部可供支配的劳动时间”（马克思、恩格斯，2009b：425—426）。这时，只有在新的技术基础上，才能发展资本主义生产关系，而这种变革是“以劳动资料为起点”的（马克思、恩格斯，2009b：427）。当劳动资料实现由手工工具向机器转变后，工人原有的手工技术和劳动经验被机器替代，工人只需操作简单的机器，只是机器的助手，工人的劳动更加片面化，如果离开工厂就无法进行独立生产，从而形成对资本的实际从属，最终，“生产过程的智力同体力劳动相分离，智力转化为资本支配劳动的权力，是在以机器为基础的大工业中完成的”（马克思、恩格斯，2009b：487）。就这样，建立在机器大工业基础上的资本主义生产关系便逐渐走向成熟，资本主义生产关系由于机器的采用取得了与之相适应（即适应其实现对工人的绝对支配并榨取剩余价值的根本目的）的技术基础。

可见，我们应从生产力和生产关系的有机统一中认识蒸汽机崛起的缘由，将“稀缺范式”和“资本逻辑范式”结合起来加以说明。正如克里斯·弗里曼（Chris Freeman）和弗朗西斯科·洛桑（Francisco Louçã）所认为的那样，每个时代都以一种技术集群为标志，这些技术集群的进步和发展推动经济增长，但这并不是技术决定论，根据康德拉季耶夫周期理论，每个时代核心的特定技术的有效开发和应用，都需要必要的制度结构提供支撑（Freeman and Louçã, 2001: vii）。就蒸汽机的崛起而言，其所体现的就是资本、技术、劳动、自然的四角关系。资本主义生产方式的有效运转，有赖于获取稳定的动力供给和可供剥削的劳动力，而这一基本条件的实现，又有赖于特定技术的支持。这种技术以其自身独特的、优越于过往技术的方式在利用和改造自然的进程中逐渐成为资本主义生产方式有效运转的“伙伴”，因此，资本会选择有利于自身利益的技术，在这一进程中，技术不仅仅作为一种“物”而存在，在其背后还承载着资本对劳动力、资本对自然的双重关系，也即人与人、人与自然的双重关系。简言之，资本作为“指挥棒”，经由技术这一中介，实现对劳动力和自然的双重控制。

回到蒸汽机崛起的例子，我们就会发现它体现了“稀缺范式”和“资本逻辑范式”的有机统一，这可以从资本运行所需的动力资源和劳动力资源的

分布情况进一步得到说明。马尔姆指出了水力的“离心动力”(centrifugal dynamic)的特点,即水车是从水流的降落和流动中获取能源,其所产生的动力取决于水量供应、水流降落高度或者水流速度,水车就必须安装在有大量天然或人工的瀑布附近,因此,水力工厂总是远离城市地区而建。在18世纪80年代,来自曼彻斯特和其他棉布中心区的棉纺织工厂分散在兰开夏、英国中部地区、苏格兰和威尔士,向外延伸到奔宁(Pennines)山脉和罗森代尔(Rossendale)峡谷、德文特(Derwent)及其临近峡谷,或者克莱德(Clyde)上部地区,在这些地方,工厂主发现了尚未被触及的水流,这里的瀑布更高,降雨更多,无需建造大型的大坝(Malm, 2013)。这一特征也让法国史学家保尔·芒图(Paul Mantoux)感叹道:“人们必须到那些距离今天集聚着大量工人人口的中心相当远的小地方去寻找近代大工业的起源。”(芒图,1983:196)大工业尽管起源于“小地方”,却未能在此扩散开来,因为它面临着降低成本所需的劳动力资源,只有在劳动力供给充足的大城市才能为资本家提供可供剥削的“产业后备军”,而此时的英国在经历了社会经济结构、生产方式、政府政策的改变后,受圈地运动、农业技术革命和交通运输条件提高等因素的影响,已经出现了农村劳动力人口向城市的大规模转移,“英国农村人口从18世纪下半叶起就开始大量向城市和工矿区流动,到19世纪二三十年代,流动的规模进一步扩大,部分农村地区绝对人口数开始减少,从19世纪50年代开始,全国农村人口的绝对数也开始下降,城市和工矿区的人口数和在全国人口中的比例却迅速上升。英格兰和威尔士城市人口在总人口中的比例从1750年的25%左右提高到1801年的33.8%,1851年达50.2%,基本实现城市化,1911年达到78.1%,农村人口在一个半世纪里从75%降至21.9%”(王章辉,1996),因此,只有将工厂建在城市才能获取稳定的、可供剥削的劳动力。上述两种要素的分布情况,最终促成了资本家选择具有“万能机”称号的蒸汽机,它既克服了“稀缺范式”下资本获取原动力稀缺的问题,也克服了“资本逻辑范式”下获取劳动力资源的问题。

资本、技术、劳动和自然的四角关系,也体现在历史逐渐向世界历史的演变过程中。在追求利润最大化的资本逻辑之下,资本主义生产必然产生过度投资和消费不足的过度积累危机。要克服这一危机,资本一方面可以像英国国内那样,通过获取廉价的煤炭资源和维持工人的高工资来降低成本和维持消费市场,另一方面也必须寻求海外市场的扩张,通过对外贸易的途径让

过剩资本得到吸收。这就是哈维（2009：113）所指认的资本积累的“空间修复”，“在保证持续获利机会方面，获取廉价的投入与获取广大的市场具有同等重要的意义”。其实，在工业革命前，与英国国内市场相比，对英国制造品的海外需求已经十分巨大，英国出口工业产量的增长十分迅速，“1700—1750年，国内工业产量增长7%，而出口工业产量增长了76%；1750至1770年期间，国内工业产量和出口工业产量的增长分别为7%和80%”（亨特，2007：32）。出口工业产量的增长迫切需要资本拓展对外贸易，吸收剩余以实现资本积累的“空间修复”，而这样的修复同样需要采用能推动对外贸易发展的远距离航运交通工具的支持，1768年，瓦特和英国伯明翰轮机厂老板马修·博尔顿（Matthew Boulton）合作研制的可以用于船舶推进的蒸汽机正好满足了这一需求，这一发明克服了使用帆船的空间有限性和时间不稳定性的技术劣势，从而为资本扩张提供了技术支持。而且，以煤炭做燃料的蒸汽机汽船能够搭载更多的货物，同时减少雇佣工人的数量。1887年，莱昂·普莱费尔（Lyon Playfair）曾叙述了英国把发动机功率增大三倍这一创新的效果：不久以前，一艘排水量为3000吨的汽船作一次远距离航行需要2200吨煤，只能有限地运载800吨货物，如今，一艘现代汽船作同样的一次航行只需800吨煤，可以运载2200吨货物；随着煤的节约，人类劳动也减少了，1870年，汽船上每1000吨运力需要47个人手，现在只需要28个。正是蒸汽机的使用推动了英国对外贸易在19世纪五六十年代的迅猛增长，1910年，英国仍占世界贸易新增和报废吨位的40%强，这一优势一直维持到一战前夕（Freeman and Louçã, 2001：206—207）。由此可见，蒸汽机在轮船业的使用降低了劳动力成本，拓展了对外贸易，从而为克服资本过度积累危机提供了强有力的技术支撑。对蒸汽机崛起的考察，可进一步抽象出技术选择的逻辑之所在：一种先进的技术不仅会因其自身的发明和不断改良促进生产效率的大幅度提升，而且会凭借这种优势推进特定生产关系的形成、巩固和发展，从而取代先前的旧有技术，成为人类社会广泛使用的技术；而当一个社会的生产关系发生历史性变迁时，人类又要重复上述的技术选择逻辑，不仅需要一种技术的发明和不断改良，以推动生产力的发展，而且需要这种技术能够稳固新型的生产关系并反作用于生产力的发展，人类对技术的选择就是在生产力与生产关系的相互作用中得以确立的。

虽然本文回顾的是19世纪蒸汽机崛起的历史，但其对解释20世纪的能源

转型,以及21世纪能源的再次转型愿景,具有历史借鉴意义。当人类历史进入20世纪时,我们似乎又在遵循着老路,陷入了一种要维持资本不断积累的路径依赖困境。如果说19世纪是“煤炭-蒸汽机”时代,那20世纪则是“石油-内燃机”时代,尽管迄今为止我们还未能摆脱对煤炭的依赖。笔者曾撰文指出,内燃机对蒸汽机的替代,同蒸汽机对水力的替代如出一辙,它不仅凭借着生产效率上的优势“完胜”蒸汽机,而且由其所引发的交通运输工具的革命性变革,特别是汽车的发明和围绕汽车所构建起来的“汽车社会”,对于20世纪资本持续不断积累和化解资本的过度积累危机起到了独特的作用。回望整个20世纪,我们见证了汽车行业的发展推动了资本主义积累体制由福特主义向后福特主义的变迁,而这一变迁的动力就在于资本主义生产方式维持自身有效运转的迫切需要(蔡华杰,2020)。

现今,在全球气候变化日益威胁人类生存的21世纪,我们又面临着能源转型的历史时刻,如何通过技术的选择减少二氧化碳排放以应对气候变化是人类面临的迫切问题。对蒸汽机崛起缘由的探究,意味着一定的生产关系会有与之“搭档”的自然资源,随着生产关系的变更,它所选择的“搭档”也会发生变更,蒸汽机对水车的替代就是这种变更的结果。而当中国确立起社会主义生产关系后,其选择的“搭档”也必然发生变更,这是因为与资本主义生产关系相比,社会主义生产的目的不再是满足资本的不断增殖,而是满足人民对美好生活的需要,包括满足人民对优美生态环境的需要。就此而言,回到开篇所说的要实现“双碳”目标,一方面,亟须引起我们警惕的是,资本为了维持它的“历史终结者”地位,人为阻滞能源向可更新能源的转型,人类社会将继续深陷当前的化石燃料难以自拔,从而阻碍技术进步;另一方面,实现向可更新能源的全面转型,不仅取决于技术本身的不断完善与改进,还有赖于整个社会政治经济系统的全面支撑、转型或升级。

参考文献:

- 艾伦,罗伯特,2012,《近代英国工业革命揭秘:放眼全球的深度透视》,毛立坤译,浙江大学出版社。
- 蔡华杰,2020,《资本逻辑宰制下的“汽车社会”意识形态透析》,《社会科学战线》第3期。
- 哈维,大卫,2009,《新帝国主义》,初立忠、沈晓雷译,社会科学文献出版社。

- 亨特, E. K., 2007, 《经济思想史——一种批判性的视角》, 颜鹏飞总译校, 上海财经大学出版社。
- 里格利, E. A., 2013, 《延续、偶然与变迁: 英国工业革命的特质》, 侯琳琳译, 浙江大学出版社。
- 马克思、恩格斯, 2009a, 《马克思恩格斯文集》第1卷, 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局编译, 人民出版社。
- 马克思、恩格斯, 2009b, 《马克思恩格斯文集》第5卷, 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局编译, 人民出版社。
- 马克思、恩格斯, 2009c, 《马克思恩格斯文集》第8卷, 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局编译, 人民出版社。
- 马克思、恩格斯, 2009d, 《马克思恩格斯文集》第10卷, 中共中央马克思恩格斯列宁斯大林著作编译局编译, 人民出版社。
- 芒图, 保尔, 1983, 《十八世纪产业革命——英国近代大工业初期的概况》, 杨人楩、陈希泰、吴绪译, 商务印书馆。
- 彭慕兰, 2010, 《大分流: 欧洲、中国及现代世界经济的发展》, 史建云译, 江苏人民出版社。
- 王章辉, 1996, 《英国工业化与农村劳动力的转移》, 《世界历史》第6期。
- Chapman, Stanley D. 1971. "The Cost of Power in the Industrial Revolution in Britain: The Case of the Textile Industry." *Midlands History* 1 (2): 1-24.
- Freeman, Chris, and Francisco Louçã. 2001. *As Time Goes by: The Information Revolution and the Industrial Revolutions in Historical Perspective*. New York: Oxford University Press.
- Gordon, Robert B. 1983. "Cost and Use of Water Power during Industrialization in New England and Great Britain: A Geological Interpretation." *The Economic History Review* 36 (2): 240-259.
- Malm, Andreas. 2013. "The Origins of Fossil Capital: From Water to Steam in the British Cotton Industry." *Historical Materialism* 21 (1): 15-68.
- Malm, Andreas. 2016. *Fossil Capital: The Rise of Steam Power and the Roots of Global Warming*. London/New York: Verso.
- Shaw, John. 1984. *Water Power in Scotland: 1550-1870*. Edinburgh: John Donald Publishers.
- Wrigley, E. A. 2010. *Energy and the English Industrial Revolution*. Cambridge: Cambridge University Press.

The Logic of Technology Selection: Taking the Rise of Steam Engines as an Example

Cai Huajie

(School of Marxism, Fujian Normal University)

Abstract: The rise of steam engine is explained by the “scarcity paradigm” to show that the rise of steam engine has overcome the “scarcity” dilemma of insufficient water power supply. Andreas Malm pointed out that during the energy transition period, the power provided by water is not inferior to steam power, and derived from the “capital logic”, a different economic history has been developed about the superiority of the steam engine in space and time. The narrative reveals that the steam engine provides technical support for the fixed, sufficient and exploitable labor force required for the effective and continuous operation of the capitalist mode of production. From the perspective of organic unity of productive forces and production relations, we should combine the “scarcity paradigm” and the “capital logic paradigm” to explain the reasons for the rise of the steam engine. The rise of the steam engine embodies the four-corner relationship between capital, technology, labor, and nature, that is, capital as a “baton” through the intermediary of technology, achieves dual control over labor and nature. At present, we must be wary the capitalist will artificially block the transformation of human society to renewable energy in order to maintain its status of “end of history”. For this purpose, the selection of technology requires the overall support, transformation or upgrading of the entire socio-political and economic system.

Keywords: Scarcity Paradigm, Capital Logic, Steam Power, Productive Forces, Production Relations

JEL Classification: B14, B20, N53, N73

(责任编辑: 王姣娜)